

## Contamination des eaux souterraines par les lixiviats de cimetières

*Geneviève Bordeleau<sup>1</sup>, Véronique Blais, Valérie Nadeau*

### 1. La problématique...

L'enterrement est une pratique traditionnelle utilisée depuis des centaines d'années en Occident. Cependant, les préoccupations environnementales ont seulement commencé à surgir au milieu du 20<sup>e</sup> siècle (Spongberg et Becks, 2000) lorsqu'on a réalisé que les cimetières pouvaient présenter un risque réel de contamination des eaux souterraines. Les principaux contaminants concernés sont les nitrates/nitrites provenant des composés azotés présents dans le corps humain, les microorganismes pathogènes ainsi que le formaldéhyde issu du processus d'embaumement.



Les effets sur la santé démontrés en laboratoire de l'ingestion de formaldéhyde incluent entre autres les tumeurs (cancéreuses ou non) et la nécrose des tissus du système gastro-intestinal (Santé Canada, 2005).

L'apport quotidien tolérable en formaldéhyde est de 0.15 mg/kg de poids corporel et la concentration maximale acceptable dans l'eau, tenant compte du poids moyen d'une personne (70 kg), d'une consommation d'eau typique (1.5 L/jour), et du fait qu'un maximum de 5% de notre exposition provient de l'eau, est de 0.35 mg/L (Santé Canada, 2005). Les concentrations typiques de formaldéhyde dans l'eau potable, provenant de la tuyauterie de plastique dont le revêtement serait abîmé, sont de 0.02 à 0.1 mg/L. Donc, pour poser un risque pour la santé, une source secondaire telle un cimetière devrait avoir une concentration en formaldéhyde d'au moins 0.25 mg/L.

### 2. La réalité...

Un calcul théorique permet d'estimer la concentration de formaldéhyde dans l'eau souterraine d'un cimetière typique. Les paramètres de base de notre calcul sont une densité maximum de 500 corps enterrés par acre et une quantité moyenne de 260 g de formaldéhyde utilisé par corps, soit 1 L de solution d'embaumement, contenant 2% de formaldéhyde, par kg de poids corporel et un poids moyen de 65 kg, cette moyenne incluant incluant les enfants et les personnes décédées en phase terminale d'une maladie (Chan et al., 1992). De plus, nous supposons que seulement 50% du formaldéhyde peut atteindre la nappe phréatique vu son taux de dégradation (Chan et al., 1992). La quantité de formaldéhyde émise atteint donc 65 kg/acre sur une période de dégradation corporelle de 10-15 ans, soit entre 0.012 et 0.018 kg

<sup>1</sup> INRS Eau, Terre et Environnement, 490 de la Couronne, Québec QC G1K 9A9 [genevieve\\_bordeleau@ete.inrs.ca](mailto:genevieve_bordeleau@ete.inrs.ca)

de formaldéhyde/acre/jour. Considérant des précipitations annuelles moyennes de 900 mm/année représentatives du sud de l'Ontario et du Québec (Environnement Canada, 2004), et supposant qu'un tiers des précipitations contribue à la recharge de l'aquifère, cette dernière devrait être de 300 mm/année. Sur une aire d'un acre ( $4047 \text{ m}^2$ ), la quantité d'eau introduite à l'aquifère par les précipitations est donc de 3326 L/jour. Si on y ajoute chaque jour entre 0.012 et 0.018 kg de formaldéhyde, la concentration de formaldéhyde au site devrait donc être de 3.57 à 5.35 mg/L. Selon les paramètres de consommation d'eau mentionnés précédemment, l'apport quotidien provenant de l'eau serait de 0.076 à 0.115 mg/kg de poids corporel, soit plus de la moitié de l'apport quotidien tolérable total, lequel inclut également l'exposition au formaldéhyde dans l'air.

Cet estimé de la concentration est néanmoins pessimiste puisqu'il ne prend pas en compte l'effet de dilution provenant de l'eau souterraine entrant en amont du site dû au gradient hydraulique. On suppose également une densité de 500 corps/acre sur tout le site, ce qui est en soi un estimé pessimiste. De plus, les calculs ont été faits de sorte que tous les corps devraient être enfouis au même moment. Dans les faits, le temps requis pour combler un acre de terrain étalerait la période de dégradation individuelle sur une plus grande période collective, ce qui aurait pour effet de diminuer la concentration de la source de contaminants. Finalement, l'eau souterraine sortant du site sera diluée par la recharge de l'aquifère en aval du site, et le panache de contamination plongera plus en profondeur dû à cette même recharge, ce qui peut réduire le risque de contamination dans le cas de puits domestiques peu profonds.

La seule étude de terrain disponible provient du Ministère de l'Environnement de l'Ontario (Chan et al., 1992). Six cimetières ont été sélectionnés afin d'y prélever des échantillons d'eau souterraine provenant de puits déjà existants. Les résultats des analyses ont détecté des concentrations de formaldéhyde entre 0.001 et 0.030 mg/L, donc bien au-dessous de la concentration pouvant poser un risque pour la santé, soit 0.25 mg/L. Cependant, l'étude de



terrain était exploratoire et comportait plusieurs lacunes; des études plus approfondies seraient nécessaires pour s'assurer que les cimetières ne posent pas un risque réel de contamination des aquifères. Ces études devraient également prendre en compte les métaux et autres composés entrant dans la fabrication des cercueils (verniss, agents de conservation), ainsi que les pesticides et engrais utilisés pour l'entretien du cimetière.

### 3. Les alternatives...

La crémation n'est guère une meilleure option que l'enterrement traditionnel d'un point de vue écologique puisqu'elle produit divers contaminants tels que dioxines/furannes et BPC (Takeda et al., 2001).

Cependant, un courant « d'enterrement vert » a vu le jour en Grande-Bretagne et se propage maintenant aux États-Unis. Les principes de base en sont simples : les pierres tombales sont

inexistantes ou de petite taille et intégrées à même le sol, les cercueils sont faits de matière entièrement biodégradable, généralement du bois ou du carton épais, et les liquides d'embaumement non naturels ne sont pas permis. De plus, on ne retrouve pas de pelouse entretenue chimiquement, car l'espace est aménagé de la façon la plus naturelle possible (Adam, 2004). Lorsqu'un espace a atteint sa pleine capacité, il est transformé en réserve naturelle ou en parc urbain, où la flore, la faune et la population environnante peuvent cohabiter. De notre côté de la frontière, il y a déjà au moins une entreprise au Québec qui fabrique des cercueils écologiques et le cimetière Royal Oak Burial Park (Victoria, C.B.) offrira l'option enterrement vert en 2008.

Une autre alternative, soit le compostage cryotechnologique, a été développée par Susanne Wiigh-Masak, une biologiste suédoise spécialiste du compostage. Le procédé consisterait à plonger le corps, et son cercueil en contreplaqué, dans de l'azote liquide à  $-196^{\circ}\text{C}$ . De cette façon, la dépouille est cristallisée et une simple vibration suffit à la réduire en miettes (Gendron, 2005). Ensuite, l'eau et les matières toxiques sont extraites, ne laissant derrière qu'une trentaine de kilos de poudre beige tout à fait écologique pouvant être conservée dans une urne ou enterrée, préférablement dans un cercueil biodégradable (Promessa, 2006). Il est également possible d'utiliser cette poudre comme fertilisant, par exemple pour faire grandir un arbre qui aura une valeur symbolique. Jusqu'à présent, le procédé a été mis à l'essai uniquement sur des porcs, mais un centre d'essais devrait être construit sous peu à Stockholm.

#### 4. Références bibliographiques

- Adam, D. (2004). What is a green burial? *Guardian Unlimited*, 8 juillet 2004.
- Chan, G.S., Scafe, M. et Emami, S., 1992. *Cemeteries and groundwater. An examination of the potential contamination of groundwater by preservatives containing formaldehyde*. Ontario Ministry of the Environment, Water Resources Branch Publication PIBS 1813, 11 pp.
- Environnement Canada, 2004. *Normales et moyennes climatiques*. <http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca> Site visité avril 2005
- Gendron, L. (2005). Obsèques : Et si on se recyclait... *L'Actualité*, janvier 2005, p. 10.
- Promessa AB (2006) *How it's done*. [http://www.promessa.se/sagardettill\\_en.asp](http://www.promessa.se/sagardettill_en.asp) Site visité le 14 janvier 2008
- Santé Canada, 2005. *Formaldéhyde et air ambiant*. [www.hc-sc.gc.ca/iyh-vsv/environ/formaldehyde\\_f.html](http://www.hc-sc.gc.ca/iyh-vsv/environ/formaldehyde_f.html) Site visité le 25 mars 2005.
- Spongberg, A.L. et P.Becks. 2000. Organic Contamination in Soils Associated with Cemeteries. *Journal of Soil Contamination* 9(2): 87-97
- Takeda, N., Takaoka, M., Fujiwara, T., Takeyama, H. et Eguchi, S. 2001. Measures to prevent emissions of PCDDs/DFs from crematories in Japan. *Chemosphere* 43: 763-771.